

16.07.2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

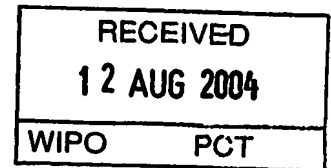
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   7 月 1 6 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 1 9 7 9 3 6  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 1 9 7 9 3 6 ]

出 願 人            東京エレクトロン株式会社  
Applicant(s):

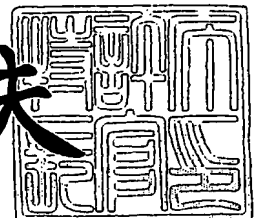


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年   3 月 1 2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 JPP031009

【提出日】 平成15年 7月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/02

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター  
    東京エレクトロン株式会社内

    【氏名】 岡部 庸之

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター  
    東京エレクトロン株式会社内

    【氏名】 金子 健吾

【特許出願人】

    【識別番号】 000219967

    【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100091513

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 井上 俊夫

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 034359

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9105399

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体製造装置及び半導体製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 流体が供給されて基板に対して半導体集積回路装置を製造するための処理が行われる処理部と、

この処理部に流体を供給する流体供給路と、

この流体供給路に設けられ、流体の流量を検出する検出部と、設定流量に対応する設定電圧と前記検出部の出力電圧とを比較して操作信号を出力する比較部と、この比較部からの操作信号に基づいて流体の流量を調整する流量調整部と、を備えるマスフローコントローラと、

このマスフローコントローラの上流側及び下流側に夫々設けられた第 1 及び第 2 の遮断弁と、

設定流量に対応する設定電圧を出力する設定電圧出力部と、

これら第 1 及び第 2 の遮断弁を閉じたときにマスフローコントローラから出力される出力電圧を記憶する記憶部と、

この記憶部に記憶された出力電圧に基づいて、流量ゼロ時の出力電圧の変化分を補償するように設定電圧を補正してマスフローコントローラに出力する設定電圧補正部と、を備えることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項 2】 第 1 及び第 2 の遮断弁を閉じて出力電圧の値を記憶部に取り込むタイミングを設定するためのタイミング設定手段を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体製造装置。

【請求項 3】 前記出力電圧が、予め定めた閾値から外れた場合に警報を発する警報発生手段を備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体製造装置。

【請求項 4】 ガス供給路と真空排気路とが接続され、ガス供給路からガスが供給されて所定の真空雰囲気にて基板に対して半導体集積回路装置を製造するための処理が行われる処理部と、

前記ガス供給路に設けられ、ガスの流量を検出する検出部と、設定流量に対応する設定電圧と前記検出部の出力電圧とを比較して操作信号を出力する比較部と

、この比較部からの操作信号に基づいてガスの流量を調整する流量調整部と、を備えるマスフローコントローラと、

設定流量に対応する設定電圧を出力する設定電圧出力部と、

前記ガス供給路から前記処理部をバイパスして前記真空排気路に至るバイパス路と、

このバイパス路に上流側から順次設けられた圧力検出部及び遮断弁と、

所定のタイミングにおいて、前記バイパス路を真空排気した後この遮断弁を閉じると共に所定の流量でガス供給路を介してバイパス路にガスを導入して求めた圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯の上昇率と、マスフローコントローラが校正されたときにおける同様の操作に基づく圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯の上昇率と、に基づいて設定電圧を補正する手段と、を備えたことを特徴とする半導体製造装置。

【請求項 5】 設定電圧を補正する手段は、スパンの変化分を補償するように設定電圧を補正するものであることを特徴とする請求項 4 記載の半導体製造装置。

【請求項 6】 設定電圧を補正する手段は、マスフローコントローラが校正されたときに複数の設定流量の下で各々得られた圧力検出部の圧力検出値の上昇率と、所定のタイミングにおいて複数の設定流量の下で各々得られた圧力検出部の圧力検出値の上昇率と、に基づいて、マスフローコントローラのスパンの変化を補償するように設定電圧を補正することを特徴とする請求項 4 記載の半導体製造装置。

【請求項 7】 請求項 4 ないし 6 のいずれかの半導体製造装置において、前記圧力検出部よりも上流側に遮断弁を設け、

所定のタイミングにおいて、バイパス路を真空排気しながら所定流量でバイパス路にガスを通流した状態でこの遮断弁を閉じて求めた圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯の降下率と、マスフローコントローラが校正されたときにおける同様の操作に基づく圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯の降下率と、に基づいて設定電圧を補正する手段を、圧力検出値の所定時間帯の上昇率に基づいて設定電圧を補正する手段に代えて設けたことを特徴とする半導体製造装置。

【請求項 8】 流体の流量を検出する検出部と、設定流量に対応する設定電圧と前記検出部の出力電圧とを比較して操作信号を出力する比較部と、この比較部からの操作信号に基づいて流体の流量を調整する流量調整部と、を備えるマスフローコントローラを用いて処理部に流体を供給し、この処理部にて半導体集積回路装置を製造するための処理を行う半導体製造方法において、

このマスフローコントローラの上流側及び下流側に夫々設けられた第 1 及び第 2 の遮断弁を閉じる工程と、

これら第 1 及び第 2 の遮断弁を閉じたときにマスフローコントローラから出力される出力電圧を記憶する工程と、

記憶された出力電圧に基づいて、流量ゼロ時の出力電圧の変化分を補償するように設定電圧を補正してマスフローコントローラに出力する工程と、を備えることを特徴とする半導体製造方法。

【請求項 9】 前記出力電圧が、予め定めた閾値から外れた場合に警報を発する工程を含むことを特徴とする請求項 7 記載の半導体製造方法。

【請求項 10】 ガスの流量を検出する検出部と、設定流量に対応する設定電圧と前記検出部の出力電圧とを比較して操作信号を出力する比較部と、この比較部からの操作信号に基づいてガスの流量を調整する流量調整部と、を備えるマスフローコントローラを用いて処理部にガスを供給すると共に当該処理部を真空排気路を介して真空排気することにより真空雰囲気とし、この処理部にて半導体集積回路装置を製造するための処理を行う半導体製造方法において、マスフローコントローラが校正されたときに前記ガス供給路から前記処理部をバイパスして前記真空排気路に至るバイパス路を真空排気する工程と、

続いてこのバイパス路に設けられた遮断弁を閉じると共に所定の流量でガス供給路を介してバイパス路にガスを導入し、当該バイパス路における前記遮断弁よりも上流側に設けられた圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯の上昇率を求める工程と、

所定のタイミングで同様の操作を行って前記圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯の上昇率を求める工程と

マスフローコントローラが校正されたときに得られた圧力上昇率と、所定のタ

イミングにおいて得られた圧力上昇率と、に基づいて設定電圧を補正する工程と、とを備えたことを特徴とする半導体製造方法。

【請求項 11】 設定電圧を補正する工程は、スパンの変化分を補償するように設定電圧を補正する工程であることを特徴とする請求項 10 記載の半導体製造方法。

【請求項 12】 設定電圧を補正する工程は、マスフローコントローラが校正されたときに複数の設定流量の下で各々得られた圧力検出部の圧力検出値の上昇率と、所定のタイミングにおいて複数の設定流量の下で各々得られた圧力検出部の圧力検出値の上昇率と、に基づいて、マスフローコントローラのスパンの変化を補償するように設定電圧を補正する工程であることを特徴とする請求項 10 記載の半導体製造方法。

【請求項 13】 請求項 10 ないし 12 のいずれかの半導体製造方法において、前記圧力検出部よりも上流側に遮断弁を設け、

所定のタイミングにおいて、バイパス路を真空排気しながら所定流量でバイパス路にガスを通流した状態でこの遮断弁を閉じて求めた圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯の降下率と、マスフローコントローラが校正されたときにおける同様の操作に基づく圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯の降下率と、に基づいて設定電圧を補正する工程を、圧力検出値の所定時間帯の上昇率に基づいて設定電圧を補正する工程に代えて備えたことを特徴とする半導体製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

マスフローコントローラにより流量が調整された流体により基板例えば半導体ウエハに対して処理を行う半導体製造装置に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

従来、半導体製造工程においては、所定のガスや液体により基板に対して処理を行う工程がある。ガスを用いた工程としては、成膜ガスを用いた成膜工程、酸

化ガスを用いた酸化工程、エッチングガスを用いたエッチング工程などがあり、また液体を用いた工程としては、基板上にレジスト液を供給する工程、絶縁膜の前駆物質を含む薬液を塗布する工程などが挙げられる。

#### 【0003】

一方、最近において、半導体デバイスのパターンが微細化され、各膜の膜厚も薄くなってきていることから、ガスや液体などの供給流量を高い精度でコントロールする必要があり、そのための機器として、マスフローコントローラが用いられている。

#### 【0004】

マスフローコントローラは、細管内に流れる液体が発熱抵抗線から熱を奪い、発熱抵抗線の抵抗値が変わることを検出原理とし、流量検出部と、流量検出部から出力される出力電圧（流量に対応する検出電圧）と、設定流量に応じた設定電圧とを比較する比較部と、この比較部からの比較出力により操作される流量調整バルブとを備えている。

#### 【0005】

しかしながら、マスフローコントローラにおいて、使用しているうちに実流量が設定流量から外れてくることがある。例えば実流量が0の場合であっても、検出部から出力される電圧値は0ではなく、わずかにずれて誤差が生じることが多い。この要因としては、メーカー出荷時の環境温度とユーザ側の環境温度により誤差が生じること、ブリッジ回路の要素であるコイル状の発熱抵抗線（センサ）のコーティング材の経時劣化や剥離、発熱抵抗線のコイルの緩み、回路部分の不具合、電源電圧の変動、センサが巻かれている管路の汚れ（腐食や生成物付着など）、といったことが挙げられる。マスフローコントローラにおいて設定可能な流量のうち、流体の流量が多い場合の流量誤差割合と、流量が少ない場合の流量誤差割合では、同じドリフト量である場合、流量が少ない場合の方が誤差の影響は大きくなり、例えば半導体ウエハ表面に生成される膜厚に与える影響も大きくなる。

#### 【0006】

近年、半導体デバイスの高集積化、薄膜化に伴い、製造時の半導体ウエハ表面

における膜厚の許容範囲は厳しくなる状況にある。そこで膜厚を許容範囲内に保って製造を行うために、マスフローコントローラにおいて設定可能な流量のうち、最大流量付近で使用することにより、流量誤差の程度を小さく抑えられるようにすることも行われている。例えば、複数の工程を行う場合において、各工程の間で流体の設定流量に大きな差がある場合、流量容量の大きいマスフローコントローラと、流量容量の小さいマスフローコントローラを2基以上並列接続して、流体の設定流量に応じてマスフローコントローラを切り替えることも行われているが、複数のマスフローコントローラを用意しなければならないことや、また出力がドリフトしたとき、即ち流体流量が0のときの出力電圧が0でない場合には、そのドリフト分が処理に影響を与えるおそれもあり、例えば次世代あるいは次次世代のデバイスにおいてはその影響が懸念されている。

#### 【0007】

更にまた実流量が設定流量から外れてくる現象として、ゼロ点シフトの他に流量に対する出力電圧の変化割合（傾き）即ちスパンが変動することが挙げられる。このスパンシフトは、ブリッジ回路に含まれるセンサである上流側の発熱抵抗線と下流側の発熱抵抗線について、流量変化に対する温度変化量つまり出力電圧の変化量が初期校正時から変わってくることが要因の一つである。

#### 【0008】

一方、特許文献1には、マスフローコントローラとは別個に測定器をガス流路に介設し、この測定器の測定結果に基づいて校正器によりマスフローコントローラを調整することが記載されている。また特許文献2には、予めメーカー側で初期校正時にガスを流さない状態でマスフローコントローラのセンサコイルに通じる電流値を段階的に変化させ、両コイルに通じる電流差から生じる温度差をブリッジ回路の不均衡電圧として取り出し、この不均衡電圧と使用中の不均衡電圧とを比較してゼロ点補正量及びスパン補正量とを求めることが記載されている。

#### 【0009】

##### 【特許文献1】

特開平7-263350号公報 段落0014及び図1

##### 【特許文献2】

特開平5-289751号公報 第9欄第3行～第9行

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

特許文献1のように、測定器を用いる手法は、別途測定器を用意しなければならないし、測定器自体に不具合が生じた場合には対応できない。また校正器を用いて行う校正は、現実には手動で可変抵抗値をオペレータが調整することになると思われるが、頻繁に調整しようとする、作業が煩わしいという問題がある。また、特許文献2のように、不平衡電圧を介して調整する手法については、マスフローコントローラは、種々のメーカーから発売されており、ある特定のメーカーのマスフローコントローラを適用して生産ラインを構成した場合、マスフローコントローラを他社のものに交換した場合には、その調整を行うことができない欠点がある。また電流値を段階的に変えてブリッジ回路に供給する機構が必要となり、装置構成が繁雑であるという不利益もある。

【0011】

本発明は上記した問題点に鑑みなされるもので、マスフローコントローラを配管から取り外すことなく高精度に流量を設定できる半導体製造装置及び半導体製造方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る半導体製造装置は、流体が供給されて基板に対して半導体集積回路装置を製造するための処理が行われる処理部と、

この処理部に流体を供給する流体供給路と、

この流体供給路に設けられ、流体の流量を検出する検出部と、設定流量に対応する設定電圧と前記検出部の出力電圧とを比較して操作信号を出力する比較部と、この比較部からの操作信号に基づいて流体の流量を調整する流量調整部と、を備えるマスフローコントローラと、

このマスフローコントローラの上流側及び下流側に夫々設けられた第1及び第2の遮断弁と、

設定流量に対応する設定電圧を出力する設定電圧出力部と、

これら第1及び第2の遮断弁を閉じたときにマスフローコントローラから出力される出力電圧を記憶する記憶部と、

この記憶部に記憶された出力電圧に基づいて、流量ゼロ時の出力電圧の変化分を補償するように設定電圧を補正してマスフローコントローラに出力する設定電圧補正部と、を備えることを特徴とする。

#### 【0013】

この発明によれば、流量ゼロ時の出力電圧の変化を補償するにあたって、マスフローコントローラを調整するのではなく設定流量に対応する設定電圧を補正しているため、簡単にマスフローコントローラの微調整を行うことができる。この発明においては、第1及び第2の遮断弁を閉じて出力電圧の値を記憶部に取り込むタイミングを設定するためのタイミング設定手段を備える構成としてもよいし、また前記出力電圧の変化分が、予め定めた閾値から外れた場合に警報を発する警報発生手段を備える構成としてもよい。

#### 【0014】

他の発明に係る半導体製造装置は、ガス供給路と真空排気路とが接続され、ガス供給路からガスが供給されて所定の真空雰囲気にて基板に対して半導体集積回路装置を製造するための処理が行われる処理部と、

前記ガス供給路に設けられ、ガスの流量を検出する検出部と、設定流量に対応する設定電圧と前記検出部の出力電圧とを比較して操作信号を出力する比較部と、この比較部からの操作信号に基づいてガスの流量を調整する流量調整部と、を備えるマスフローコントローラと、

設定流量に対応する設定電圧を出力する設定電圧出力部と、

前記ガス供給路から前記処理部をバイパスして前記真空排気路に至るバイパス路と、

このバイパス路に上流側から順次設けられた圧力検出部及び遮断弁と、

所定のタイミングにおいて、前記バイパス路を真空排気した後この遮断弁を閉じると共に所定の流量でガス供給路を介してバイパス路にガスを導入して求めた圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯の上昇率と、マスフローコントローラが校正されたときにおける同様の操作に基づく圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯

の上昇率と、に基づいて設定電圧を補正する手段と、を備えたことを特徴とする。

#### 【0015】

この発明によれば、設定電圧と流量との対応関係が狂った場合に、マスフローコントローラを調整するのではなく設定流量に対応する設定電圧を補正しているため、簡単にマスフローコントローラの微調整を行うことができる。この場合、設定電圧を補正する手段は、例えばスパンの変化分を補償するように設定電圧を補正するものである。あるいは設定電圧を補正する手段は、例えばマスフローコントローラが校正されたときに複数の設定流量の下で各々得られた圧力検出部の圧力検出値の上昇率と、所定のタイミングにおいて複数の設定流量の下で各々得られた圧力検出部の圧力検出値の上昇率と、に基づいて、マスフローコントローラのスパンの変化を補償するように設定電圧を補正するものである。

#### 【0016】

そして本発明に係る半導体製造装置は、流量ゼロ時の出力電圧の変化を補償するための先の発明の構成要件と、スパンの変化を補償するための上記の発明の構成要件との両方を備えた構成としてもよい。

#### 【0017】

上記の発明では圧力検出値の上昇率に基づいて設定電圧を補正するようにしているが、圧力検出値の降下率に基づいて設定電圧を補正するようにしてもよい。この場合には、前記圧力検出部よりも上流側に遮断弁を設け、所定のタイミングにおいて、バイパス路を真空排気しながら所定流量でバイパス路にガスを通流した状態でこの遮断弁を閉じて求めた圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯の降下率と、マスフローコントローラが校正されたときにおける同様の操作に基づく圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯の降下率と、に基づいて設定電圧を補正する手段を、圧力検出値の所定時間帯の上昇率に基づいて設定電圧を補正する手段に代えて設けるようにすればよい。

#### 【0018】

なお本発明は、マスフローコントローラには液体が流れるが、その後液体がガス化されてそのガスにより基板に対して処理が行われる場合も含まれる。

## 【0019】

本発明は方法としても成立するものであり、本発明に係る半導体製造方法は、流体の流量を検出する検出部と、設定流量に対応する設定電圧と前記検出部の出力電圧とを比較して操作信号を出力する比較部と、この比較部からの操作信号に基づいて流体の流量を調整する流量調整部と、を備えるマスフローコントローラを用いて処理部に流体を供給し、この処理部にて半導体集積回路装置を製造するための処理を行う半導体製造方法において、

このマスフローコントローラの上流側及び下流側に夫々設けられた第1及び第2の遮断弁を閉じる工程と、

これら第1及び第2の遮断弁を閉じたときにマスフローコントローラから出力される出力電圧を記憶する工程と、

記憶された出力電圧に基づいて、流量ゼロ時の出力電圧の変化分を補償するように設定電圧を補正してマスフローコントローラに出力する工程と、を備えることを特徴とする。

## 【0020】

他の発明方法は、ガスの流量を検出する検出部と、設定流量に対応する設定電圧と前記検出部の出力電圧とを比較して操作信号を出力する比較部と、この比較部からの操作信号に基づいてガスの流量を調整する流量調整部と、を備えるマスフローコントローラを用いて処理部にガスを供給すると共に当該処理部を真空排気路を介して真空排気することにより真空雰囲気とし、この処理部にて半導体集積回路装置を製造するための処理を行う半導体製造方法において、

マスフローコントローラが校正されたときに前記ガス供給路から前記処理部をバイパスして前記真空排気路に至るバイパス路を真空排気する工程と、

続いてこのバイパス路に設けられた遮断弁を閉じると共に所定の流量でガス供給路を介してバイパス路にガスを導入し、当該バイパス路における前記遮断弁よりも上流側に設けられた圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯の上昇率を求める工程と、

所定のタイミングで同様の操作を行って前記圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯の上昇率を求める工程と

マスフローコントローラが校正されたときに得られた圧力上昇率と、所定のタイミングにおいて得られた圧力上昇率と、に基づいて設定電圧を補正する工程と、とを備えたことを特徴とする。

#### 【0021】

更にまたこの発明においては、前記圧力検出部よりも上流側に遮断弁を設け、所定のタイミングにおいて、バイパス路を真空排気しながら所定流量でバイパス路にガスを通流した状態でこの遮断弁を閉じて求めた圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯の降下率と、マスフローコントローラが校正されたときにおける同様の操作に基づく圧力検出部の圧力検出値の所定時間帯の降下率と、に基づいて設定電圧を補正する工程を、圧力検出値の所定時間帯の上昇率に基づいて設定電圧を補正する工程に代えて実施するようにしてもよい。

#### 【0022】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明における実施の形態を図面に基づき説明する。まず、図1には、本発明の実施の形態における半導体製造装置（以下製造装置と称する）の主な構成を示すブロック図が示されている。1は、基板に対して半導体集積回路を製造するための処理が行われる処理部例えば熱処理部である。この熱処理部1は、この例では反応容器（処理容器）である縦型の反応チューブ11内に、基板であるウェハWを多数枚搭載した保持具12を搬入して、反応チューブ11の外側に設けられた図示しない加熱手段により加熱するとともに、例えばガス供給管からなるガス供給路2から反応チューブ11内に所定のガスを導入して、基板に対して所定の熱処理が行われる。13は排気管、14は真空排気手段である真空ポンプ、15はガス供給路2と排気管13との間を反応チューブ11を迂回して接続するバイパス路、21、22、23は各々バルブ例えば遮断弁である。

#### 【0023】

前記ガス供給路2には、ガス供給源40よりのガス流量を調整するためのマスフローコントローラ3が設けられており、このマスフローコントローラ3の上流側及び下流側には夫々遮断弁41、42が設けられている。遮断弁41、42の双方を閉じることで、マスフローコントローラ3における流体、この例ではガス

の流れを遮断することができる、即ちガス流量を 0 とすることができるようになっている。

#### 【0024】

マスフローコントローラ 3 は、図 2 に示すように流量検出部 31、比較部（調節部）32 及び流量調整部であるコントロールバルブ（流量調整バルブ）33 を備えている。マスフローコントローラ 3 の詳しい構成について図 3 に基づき説明すると、マスフローコントローラ 3 の内部に導入される前記ガス供給管 2 は一度本流部 3a と側流部 3b とに分流する。側流部 3b には、ガス供給管 2 内における流量を計測する 2 つの発熱抵抗線 34、35 からなる流量センサが設けられ、本流部 3a には、側流部 3b と本流部 3a との流量等の各種条件を同等なものにするバイパス部 30 が設けられている。前記バイパス部 30 は、本流部 3a における流量、温度、圧力などを側流部 3b と同様の特性となるように設けられているものであり、これによりセンサ 34、35 における測定誤差を防止することができる。流量の検出原理については、上流側センサ 34 では流体が流れると熱が奪われて温度が下降し、逆に下流側センサ 35 では熱が与えられ温度が上昇する。この結果上流側センサ 34 と下流側センサ 35 とでは温度差が生じ、この温度差を検出するようになっている。

#### 【0025】

マスフローコントローラ 3 には、他に前記発熱抵抗線 34、35 の抵抗値の差を電圧信号として検出するブリッジ回路 36 と、その電圧信号を増幅する増幅回路 37 とを備え、発熱抵抗線 34、35、ブリッジ回路 36 及び増幅回路 37 は、前記流量検出部 31 を構成するものである。前記比較部 32 は、後述の設定流量に対応する設定信号（設定電圧）と増幅回路 37 からの電圧とを比較し、その比較結果（偏差）に応じてコントロールバルブ 33 の開度を調整するための操作信号を出力するものである。

#### 【0026】

またマスフローコントローラ 3 には、信号変換部 5 を介して制御部 6 が接続されている。信号変換部 5 は、マスフローコントローラ 3 からのアナログ信号をデジタル信号に、また制御部 6 からのデジタル信号をアナログ信号に夫々変換

するためのものである。

### 【0027】

また制御部6には、例えば液晶パネルなどからなる表示部51が接続されており、この表示部51は、タッチパネル式の入力装置も兼ねている。次いで、制御部6の詳しい構成について図2に基づいて説明すると、6aはデータバス、60は装置の制御を実施するCPUである。61はマスフローコントローラ3の設定流量に対応する設定電圧を出力する設定電圧出力部であり、例えば0～5Vの設定電圧によりマスフローコントローラ3の流量を0%～100%に設定できるようになっている。62は第1の記憶部であり、遮断弁41、42を閉じたときにおいてマスフローコントローラ3から出力される出力電圧（流量検出部31からの電圧検出値）がドリフト電圧として記憶される。63は第1の設定電圧補正部であり、遮断弁41、42を閉じたときにおいてマスフローコントローラ3から出力される出力電圧が基準電圧（この例では0V）と異なる場合、つまりドリフト電圧である±E0（V）が発生しているときに設定電圧を補正するものである。64は第1のタイミング設定部であり、遮断弁41、42を閉じてマスフローコントローラ3に対する設定電圧を見直す（補正する）タイミングを設定するものである。65は、アラーム用比較回路部であり、前記ドリフト電圧が予め設定された閾値を越えているか否か判断し、閾値を越えていればアラーム発生部66に警告（例えば警告音や警告表示）を発生させる。なお、本実施の形態では、基準値となる電圧値よりも、0.3V（300mV）を閾値とし、この閾値以上離れた値がマスフローコントローラ3から計測された場合にはマスフローコントローラ3の不具合が考えられるため、例えばアラーム発生部66からの警報出力と、操作パネル51への警報表示により作業者に対して通報するようになっている。

### 【0028】

次に上述の実施の形態の作用について図4のフローチャートと、図5のグラフに基づき説明する。本実施の形態において使用されるマスフローコントローラ3は、流量と出力電圧がリニアであって、最大流量が500cc/分であり、その際の出力電圧が5Vとなるように設計されているものとして説明する。

## 【0029】

先ずマスフローコントローラ3が装置に組み込まれたときには、流量ゼロの状態では出力電圧がゼロに設定されており、この状態で熱処理部1において基板例えばウェハWに対して所定の熱処理が行われる。即ち実行すべきプロセスの設定流量に対応する設定電圧が制御部6から信号処理部5を介してマスフローコントローラ3に与えられ、マスフローコントローラ3では反応チューブ11に供給される処理ガスが設定流量となるようにコントロールバルブ33（図2参照）が調整される。例えば設定流量が400cc/分であったとすると、マスフローコントローラ3には4Vの電圧が与えられる。マスフローコントローラ3に対して初期校正が行われた直後であれば、流量ゼロ時の出力電圧はゼロであるから、400cc/分の設定値通りの流量で処理ガスが反応チューブ11に供給される。

## 【0030】

次いでタイミング設定部64にて設定されたタイミング、熱処理が行われる前後の待機時間においてマスフローコントローラ3の状態を以下のようにして調べる。まず、前記遮断弁41、42を両方とも閉じて、マスフローコントローラ3内にガスが流入しない状況とすると共に、例えば制御部6側からの指示によりマスフローコントローラ3のコントロールバルブ33（図3参照）を「開」状態例えば全開状態としてセンサ34、35前後のガスの流れを平衡にしておく。（ステップS1）。このときのマスフローコントローラ3から出力された出力電圧（E0）すなわち流量ゼロ時のマスフローコントローラ3からの出力電圧を第1の記憶部62内に記憶する（ステップS2）。なおこの例ではE0が+0.1Vであるとして説明する。

## 【0031】

次いで、マスフローコントローラ3から出力された出力電圧（E0）が、予め設定されている前述した閾値以内であるかどうかを判定する（ステップS3）。例えば閾値が300mVであれば、E0がこの例では+0.1V（100mV）であるから閾値内に収まっており、ステップS4に進む。前記操作パネル51から、マスフローコントローラ3の流量が400cc/分となるように設定されているとすると、第1の設定電圧補正部63によりこの設定流量に対応する設定電

圧が補正される。即ち設定電圧出力部 61 から出力される設定電圧 4 V に、前記記憶部 62 に記憶されているマスフローコントローラ 3 から出力された出力電圧 (E0) 0.1 V を、加算して補正し  $\langle 4 \text{ V} + (+0.1 \text{ v}) = 4.1 \text{ V} \rangle$ 、補正された値 (4.1 V) を正しい設定電圧 (電圧指示値) としてマスフローコントローラ 3 に与える (ステップ S5)。

#### 【0032】

ここで図 5 はマスフローコントローラ 3 の出力電圧と流量との関係を示すグラフであり、初期校正時における電圧-流量特性は実線で表され、設定ポイントは A 点にある。そしてマスフローコントローラ 3 のゼロ点がドリフト (変化) して 0.1 V のドリフト電圧 (出力電圧の変化分) が発生したとすると、電圧-流量特性は点線で表され、設定ポイントは B 点に移行する。従ってこの状態では流量は 390 cc/分になっている。そこで設定電圧を既述のように補正すると、電圧-流量特性は変わらないが、設定ポイントは B 点から C 点に移行するので、マスフローコントローラ 3 により設定される流量は設定流量通り 400 cc となる。

#### 【0033】

こうしてマスフローコントローラ 3 の設定電圧の調整が終了したところで遮断弁 41、42 を開き (ステップ S6)、そして反応チューブ 11 内にウエハ W が搬入された後、バルブ 21 を開いて反応チューブ 11 内に設定流量通りのガスを供給して前記ウエハ W に対して所定の熱処理を実施する (ステップ S7)。この例ではゼロ点が + 側にずれた場合について説明しているが、ゼロ点が - 側にずれた場合例えば E0 が -0.1 V である場合には、設定電圧出力部 61 から出力される設定電圧 4 V に、-0.1 V を加算して補正し  $\langle 4 \text{ V} + (-0.1 \text{ v}) = 3.9 \text{ V} \rangle$ 、補正された値 (3.9 V) を正しい設定電圧 (電圧指示値) としてマスフローコントローラ 3 に与えることになる。

#### 【0034】

なおステップ S3 にてマスフローコントローラ 3 から出力された出力電圧 (E0) が閾値よりも大きいと判定された場合には、アラーム発生部 66 によりアラームが出力されまた、表示パネル 6 においてマスフローコントローラ 3 が異常で

ある旨を作業者に対して通報される（ステップS8）。この場合には、作業者がマスフローコントローラ3を点検するかあるいはメーカー側に修理を依頼することになる。

#### 【0035】

上述の実施の形態によれば、マスフローコントローラ3の上流側及び下流側に設けた遮断弁41、42を閉じてマスフローコントローラ3にガスが流れないようにし、このときのマスフローコントローラ3から出力される出力電圧に基づいて、流量ゼロ時の出力電圧の変化分（ドリフト電圧）を補償するように制御部6から出力される設定電圧を補正しているため、つまりマスフローコントローラ3を調整するのではなく制御部6側で設定信号を補正しているため、マスフローコントローラ3が設置されているメンテナンスルームに作業者が入って調整するという作業が不要になるし、製造ラインを止めることなく簡便にマスフローコントローラ3の微調整を行うことができる。

#### 【0036】

ここでオペレータがマスフローコントローラ3のゼロ点の調整を行う場合には、装置の電源をオフにしてからマスフローコントローラ3にテスト測定用の治具を取り付け、装置の電源を再投入した後、操作画面により設定流量ゼロの入力を行い、数分そのままの状態にしてからテスターでゼロ電圧を測定し、その電圧を所定電圧の範囲内の値に調整する。しかる後装置電源をオフにして前記治具を外した後、装置電源を再投入して操作画面でアクチャルを確認する。従って上述の実施の形態によれば、装置を止めて面倒な調整作業を省くことができ、装置の運用の効率化を図ることができる。また半導体製造装置に用いるガスの中には毒性のあるガスが含まれている場合が多いので、ガス供給機器を収納しているガスボックスを開くことによる人的な危険性を回避することができる。更にまた装置のダウンタイムに影響するマスフローコントローラ3の定期点検なども省力化できる。

#### 【0037】

上述の例では、校正されたマスフローコントローラ3にガスが流れていないときには、マスフローコントローラ3から出力される電圧がゼロであり、その電圧

がゼロでないときにドリフト電圧として取り扱っている。しかしながら校正されたマスフローコントローラ 3 において流量ゼロ時の出力電圧がゼロでない基準電圧例えば 0.1 V を発生し、かつコンピュータ側で流量 500 cc/分に相当する設定電圧が 5.1 V として取り扱っているシステムであっても本発明の範囲に含まれる。この場合設定電圧補正部は、マスフローコントローラ 3 からの出力電圧から基準電圧（例えば 0.1 V）を差し引き、その電圧差だけマスフローコントローラ 3 がドリフトしているものと取り扱って設定電圧をその電圧差で補正することとなる。

#### 【0038】

次いで、本発明の他の実施の形態を図 6 に基づき説明する。この例では、バイパス路 15 に圧力検出部 71 が設けられ、更にこの圧力検出部 71 からの圧力検出値における所定時間帯の上昇率に基づいてガス供給路 2 を流れる流量を求める流量基準計 72 が設けられている。また処理ガスを節約するために例えばマスフローコントローラ 3 とその上流側の遮断弁 41 との間にパージガス例えば窒素ガスなどの不活性ガスを供給できるように分岐路 43 及びバルブ例えば遮断弁 44 を介してパージガス供給源 45 が接続されている。ここで圧力上昇率とは、遮断弁 44、21 を閉じて遮断弁 44 の下流側のガス供給路 2 及びバイパス路 15 を真空排気し、その後バイパス路 15 の遮断弁 23 を閉じた後、遮断弁 44 を開いてマスフローコントローラ 3 を通じて所定の流量でガスを流し、このときの圧力上昇率を指している。なおこの実施の形態では、遮断弁 41 は閉じているものとする。

#### 【0039】

流量基準計 72 内には圧力上昇率演算手段 72a が設けられており、検知した圧力値の時系列データを図示しないワークメモリに書き込み、そのデータから圧力上昇率を演算してその値を制御部 6 に送るように構成されている。

#### 【0040】

また制御部 6 は、圧力上昇率を記憶する第 2 の記憶部 67、マスフローコントローラ 3 の校正時における圧力上昇率（初期値）とマスフローコントローラ 3 を使用した後に測定した圧力上昇率とに基づいてマスフローコントローラ 3 の設定

電圧を補正する第2の設定電圧補正部68と、マスフローコントローラ3の状態をチェックするタイミングつまり校正時以外において圧力上昇率の計測を行うタイミングを設定する第2のタイミング設定部69とを備えている。制御部6は、図1に示した構成を備えており、既述のようにしてゼロ点のドリフトの調整を行うことができるが、図6では便宜上スパンのずれを補償するための部位についてのみ図示してある。

#### 【0041】

なお図示していないが、ガス供給路2及びバイパス路15の温度を検出する温度検出部が設けられており、圧力上昇率を求めるときにその温度を考慮して、温度変化による影響をなくすようにしている。

#### 【0042】

次に上記の圧力上昇率を求めてマスフローコントローラ3のスパンのずれを補償する動作について説明する。この例ではマスフローコントローラ3の最大設定流量は、500cc/分として説明する。またこの際の実出力電圧は5Vとし、マスフローコントローラ3の検出流量と出力電圧とは比例の関係にあり、説明を簡単にするためにゼロ点のドリフトはないものとする。校正した直後のマスフローコントローラ3例えば新品のマスフローコントローラ3を取り付けた後、その上流側の遮断弁44、21を閉じて遮断弁44の下流側のガス供給路2及びバイパス路15を真空ポンプ14により真空排気し、その後バイパス路15の遮断弁23を閉じる。続いてマスフローコントローラ3に対して所定の流量（例えば最大流量の80%の流量である400cc）になるように設定電圧出力部61から設定電圧を出力して流量を設定し、遮断弁44を開いてマスフローコントローラ3を通じてパージガスを流す。

#### 【0043】

流量基準計72は、そのときの圧力検出部71による圧力検出値の所定時間帯の時系列データを記憶し、そのデータに基づいて圧力上昇率を求めて制御部6に送信する。制御部6はこの圧力上昇率を初期値（基準値）として第2の記憶部67に記憶する。図7はこのときの圧力変化を示す図であり、T0は遮断弁41を開いた時点、T3はバイパス路15の遮断弁23を開いた時点である。圧力検出

値を測定する時間帯は圧力上昇が安定している時間帯を選択することが好ましく、例えば T1～T2 の時間帯とされる。

#### 【0044】

そして制御部 6 内の第 2 のタイミング設定部 69 で設定された所定のタイミング例えば既述の実施の形態と同様に熱処理が終了する度毎に、既述の圧力上昇率の初期値を求めたときと同様にして、また同一の設定流量により圧力検出部 71 において圧力を検知し、流量基準計 72 により圧力上昇率を求め、制御部 6 の第 2 の記憶部 67 に送信する。制御部 6 ではこの圧力上昇率と既に求めた初期値とを比較し、その比較結果に基づいて設定電圧を補正する。

#### 【0045】

この手法は、バイパス路 15 の上流側の管路の容積を利用し、当該管路内にガスを流入させたときに流入流量と圧力上昇とが対応していることに基づいており、実流量を圧力変化として直接測定しようとするものである。従って圧力上昇率が初期値に比べて例えば 2.5% 早くなった（大きくなった）ときには、それだけ流量が早くなったということであるから、言い換えれば 400 cc/分の設定流量に対応する設定電圧 4 V では流量が予定の流量よりも 2.5% 早くなっているということである。従って制御部 6 内の第 2 の設定電圧補正部 68 では、前記マスフローコントローラ 3 の設定流量である 400 cc/分に、圧力上昇率の増加分（早くなった分）である 2.5% を乗じてズレ量を算出する《 $400 \text{ cc} \times 2.5\% (0.025) = 10 \text{ cc}$ 》。この演算の結果、ズレ量は 10 cc と算出された。このズレ量（10 cc）を設定流量（400 cc）で除し、これにその設定流量に対応する設定電圧（4 V）を乗すれば、ズレ量分  $\Delta E$  の出力電圧値が求められる《 $10 \text{ cc} / 400 \text{ cc} \times 4 \text{ V} = 0.1 \text{ V}$ 》。

#### 【0046】

図 8 はスパンが変化した様子を示すものであり、実線（1）は校正時のスパン（流量変化に対する出力変化分）によるグラフ、点線（2）は校正時のスパンからずれたスパンに対応するグラフである。以上の演算の結果算出された出力電圧値 0.1 V 分を、マスフローコントローラ 3 の設定流量 400 cc に対応する設定電圧 4.0 V から差し引き（ $4 \text{ V} - 0.1 \text{ V} = 3.9 \text{ V}$ ）、次回の設定流量が

400ccとなった場合には、出力電圧値を3.9Vとすれば、最大流量に対する80%ポイントの流量ずれを補正することができる。従って流量がズレることなく設定流量通りの流量で処理ガスを反応チューブ11内に供給して基板に対して処理を行うことができる。

#### 【0047】

なお、この例では流量ゼロ時に出力電圧値が0Vとなっているものとして説明しているが、流量ゼロ時に出力電圧値が0Vでない場合つまりゼロ点のドリフトが生じている場合には、設定流量400ccに対応する設定電圧は、先の実施の形態において説明した方法により4.0Vを補正した電圧となる。例えばゼロ点の出力電圧の変化分が+0.1Vであって、このドリフト分を補償するために先の実施の形態にて設定流量400ccに対応する設定電圧が3.9Vに補正されているとしたならば、図8の実線(1)の400ccに対応する設定電圧は3.9Vとなり、スパン変化によるズレ量分 $\Delta E$ の出力電圧値は、 $10cc / 400cc \times 3.9V = 0.0975V$ となる。

#### 【0048】

この実施の形態によれば、マスフローコントローラ3を調整するのではなく制御部6側で設定信号を補正しているため、マスフローコントローラ3が設置されているメンテナンスルームに作業者が入って調整するという作業が不要になるし、製造ラインを止めることなく簡便にマスフローコントローラ3の微調整を行うことができ、装置の効率化が図れるなど、先の実施の形態と同様の効果がある。

#### 【0049】

またマスフローコントローラ3は、設定流量と出力電圧値とは比例の関係とされているが、ある一定の設定流量のみでなく、いくつかの設定流量において、例えば設定流量が150ccの時と、300ccの時と、最大流量の500ccの時、の3つのポイントにおいて前述した方法により圧力上昇率を把握して、設定流量と出力電圧との関係を確認し、各設定流量における圧力上昇率が夫々の基準値と異なる場合には、制御部6内のプログラムにより流量と出力電圧との関係を例えば点線で示す曲線となるように補正し、この曲線に基づいて設定電圧出力部61から設定流量に対応する設定電圧が出力されるようにしてもよい。

## 【0050】

なおこのように流量基準計 72 を用いる場合においても、初期時と監視時とにおける圧力上昇率の差異が一定以上になったとき、例えば圧力上昇率の差異から換算した出力電圧のずれ分が閾値以上になったときには警報を発して作業者に知らせるようにしてもよい。

## 【0051】

また圧力上昇率を用いて設定電圧を補正する場合、既述のようにして補正した後例えば 4 V を 3.9 V に補正した後、再度その設定電圧によりマスフローコントローラ 3 の流量を設定して同様にして圧力上昇率の基準値に対する変化分を求め、その変化分が所定値（例えば 1.0 %）以内に収まるまで、同様のループ（圧力上昇率を求めて設定電圧を補正する工程）を繰り返すようにしてもよい。

## 【0052】

以上の説明では、圧力上昇率に基づいてスパンの変化による設定電圧の補償について述べているが、圧力上昇率に代えて圧力降下率を用い、同様にしてスパンの変化による設定電圧の補償を行ってもよい。この場合には、マスフローコントローラ 3 の上流側の遮断弁 44 を開いておき、また遮断弁 21 を閉じかつ遮断弁 42、22、23 を開いておく。つまりパージガスをマスフローコントローラ 3 を介してバイパス路 15 から排気されるようにしておく。そしてマスフローコントローラ 3 では所定の流量に設定しておき、この状態で遮断弁 44 を閉じてパージガスの供給を止め、その後の圧力検出部 71 による圧力値の時系列データから所定時間帯の圧力降下率を求め、この値を既述の圧力上昇率と同様に活用する。

## 【0053】

なおパージガスを流す代わりに遮断弁 41 を開いて処理ガスを流すようにしてもよい。また本発明は、マスフローコントローラ 3 内にガスが通流する場合に限らず例えば有機液体ソースなどの液体がマスフローコントローラ 3 内を流れ、その下流側にて気化器により液体ソースが気化されてガスが反応容器内に供給される場合も含む。この場合には、特許請求の範囲の記載において、マスフローコントローラが設けられるガス供給路は液体供給路を含む意味となる。更にまたレジスト液などの塗布液を基板に塗布する場合などにおいてマスフローコントローラ

により塗布液などの液体の流量を調整する場合にも適用できる。

#### 【0054】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、マスフローコントローラに流体が流れない状態のときにゼロ点のドリフト分を検出し、そのドリフト分に応じて制御部側で設定電圧を補正しているため、マスフローコントローラを取り外すことなく、またオペレータによる調整作業を必要とせずに、マスフローコントローラに対して高精度な流量制御を行わせることができる。また他の発明によれば、ガスの圧力変化上昇率を検出してマスフローコントローラの特性的変化を検出するようにしているため、マスフローコントローラをガス流路から取り外すことなく、また格別な基準流量計を用いることなく、マスフローコントローラに対して高精度な流量制御を行わせることができる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明の実施の形態における半導体製造装置の構成を示すブロック図である。

#### 【図2】

本発明の実施の形態における処理部1の構成と、マスフローコントローラ3の関係を示すブロック図である。

#### 【図3】

本発明の実施の形態におけるマスフローコントローラ3の構成を示すブロック図である。

#### 【図4】

本発明の実施の形態におけるマスフローコントローラの補正方法を示すフローチャートである。

#### 【図5】

本発明の実施の形態における補正方法を示すグラフである。

#### 【図6】

本発明の他の実施の形態における半導体製造装置の構成を示すブロック図である。

## 【図 7】

バイパス路に設けられた圧力検出部の圧力値の上昇の様子を示す特性図である。

## 【図 8】

マスフローコントローラの実流量と出力電圧との関係を表すグラフの傾きが変わった様子を示す特性図である。

## 【図 9】

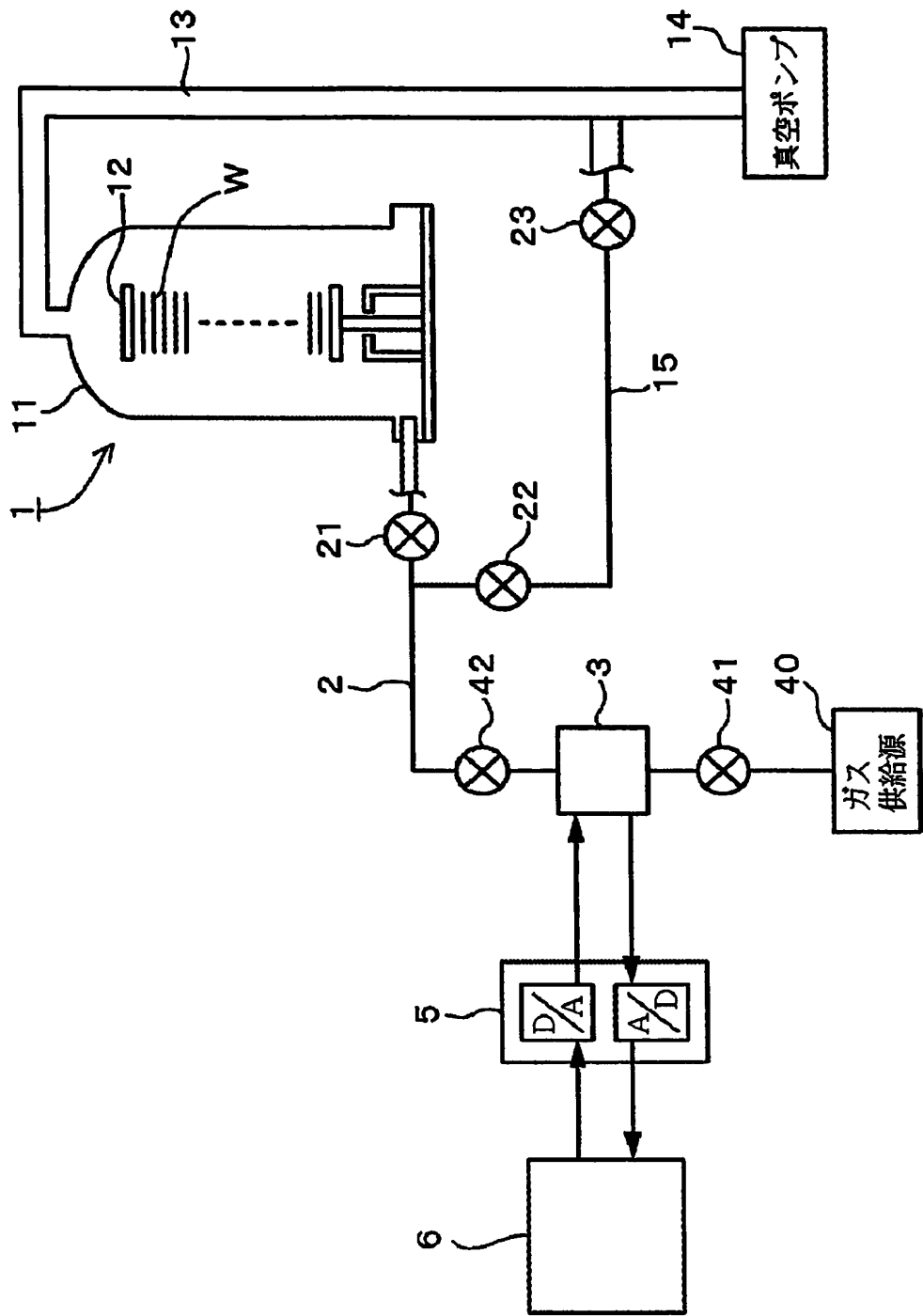
マスフローコントローラの実流量と出力電圧との関係傾きが変わった様子を示す特性図である。

## 【符号の説明】

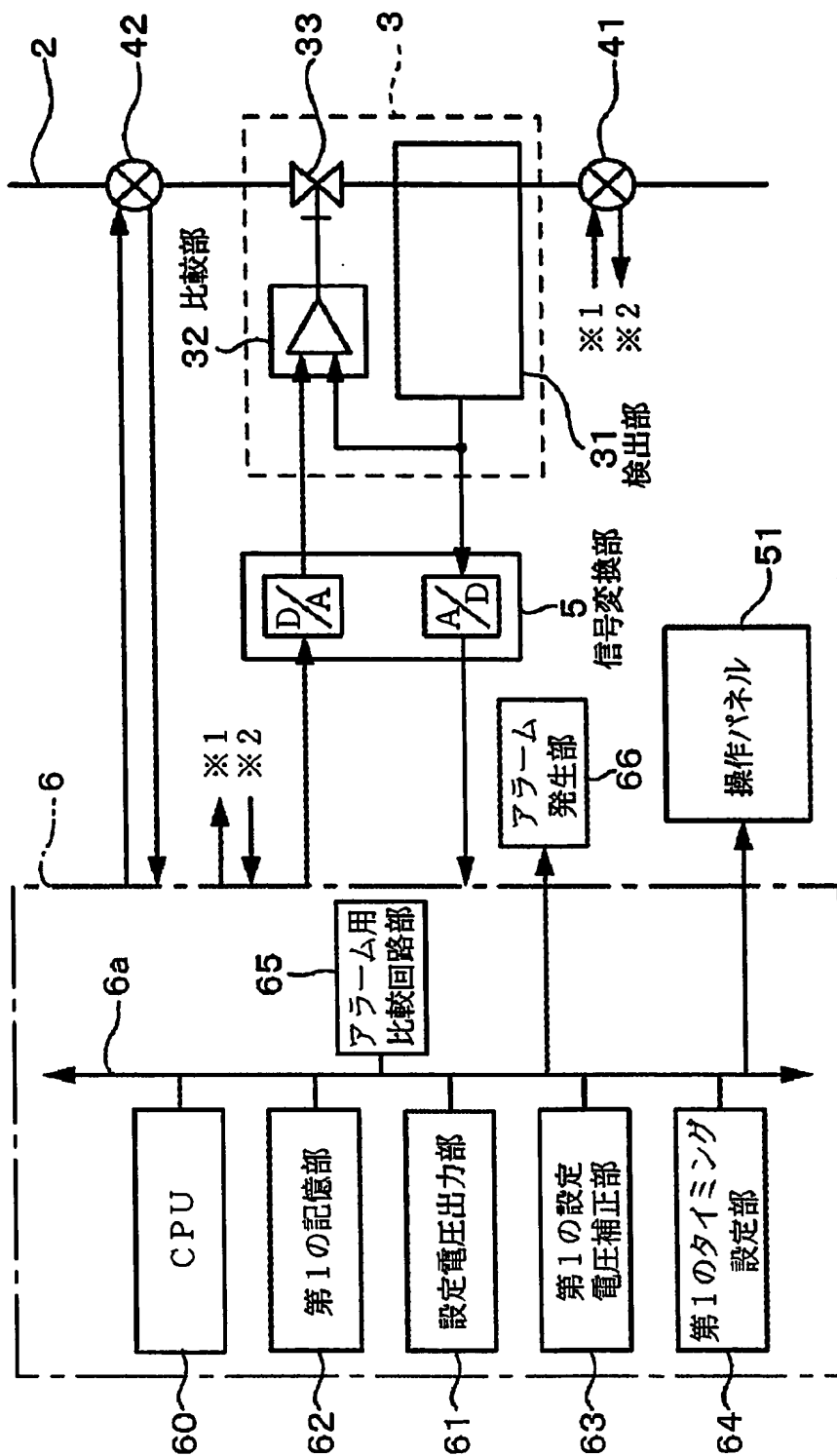
1	処理部
2	ガス供給管
3	マスフローコントローラ
5	信号変換部
6	制御部
1 1	反応チューブ
1 3	排気管
1 4	真空ポンプ
1 5	バイパス路
2 1 ~ 2 3	遮断弁
3 0	バイパス部
3 1	流量検出部
3 2	比較部
3 3	コントロールバルブ
3 4、3 5	発熱抵抗線
4 0	ガス供給源
4 1、4 2	遮断弁
4 5	パージガス供給源
5 1	表示パネル（入力装置）

6 1	設定電圧出力部
6 2	第 1 の記憶部
6 3	第 1 の設定電圧補正部
6 4	第 1 のタイミング設定部
6 5	アラーム用比較回路部
6 7	第 2 の記憶部
6 8	第 2 の設定電圧補正部
6 9	第 2 のタイミング設定部
7 1	圧力検出部
7 2	流量基準計
W	ウエハ

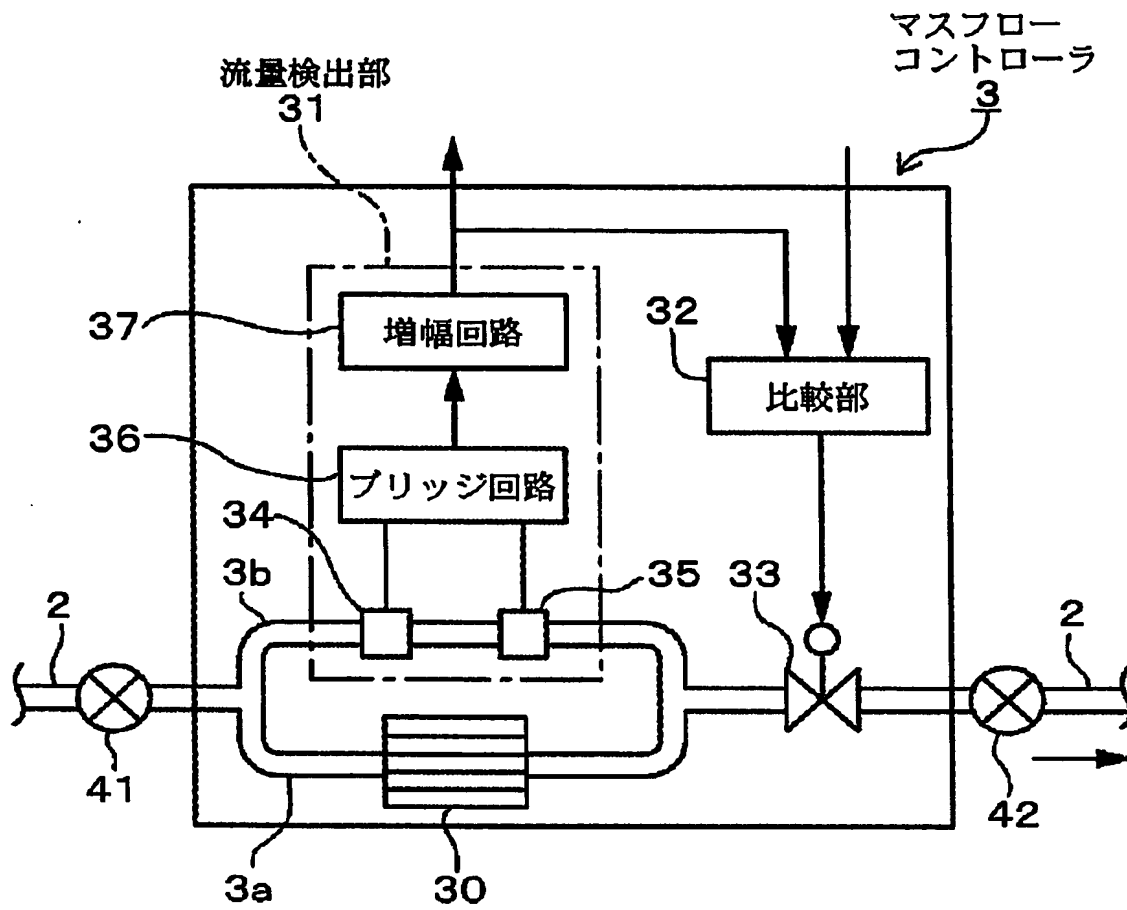
【書類名】 図面  
【図1】



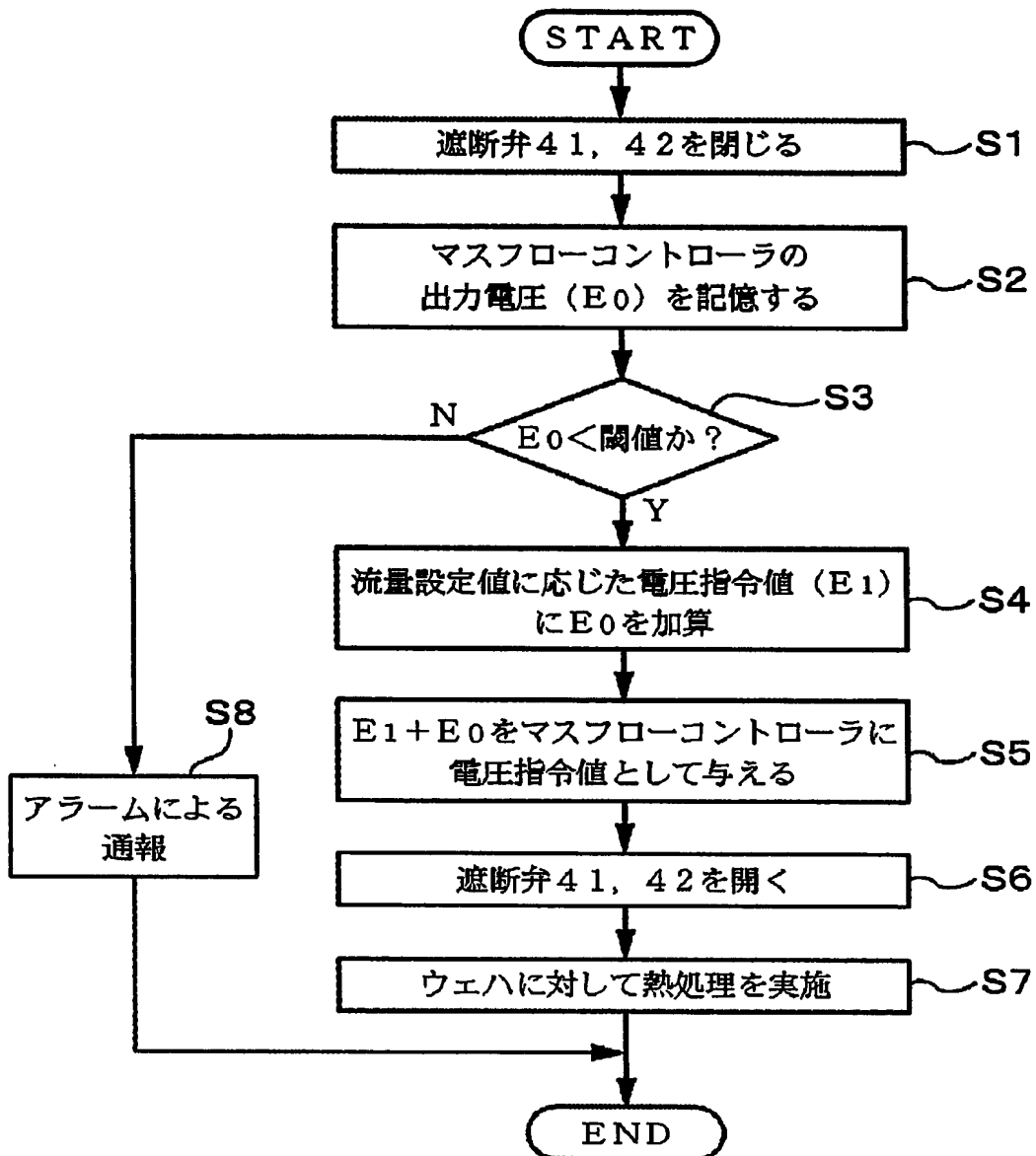
【図2】



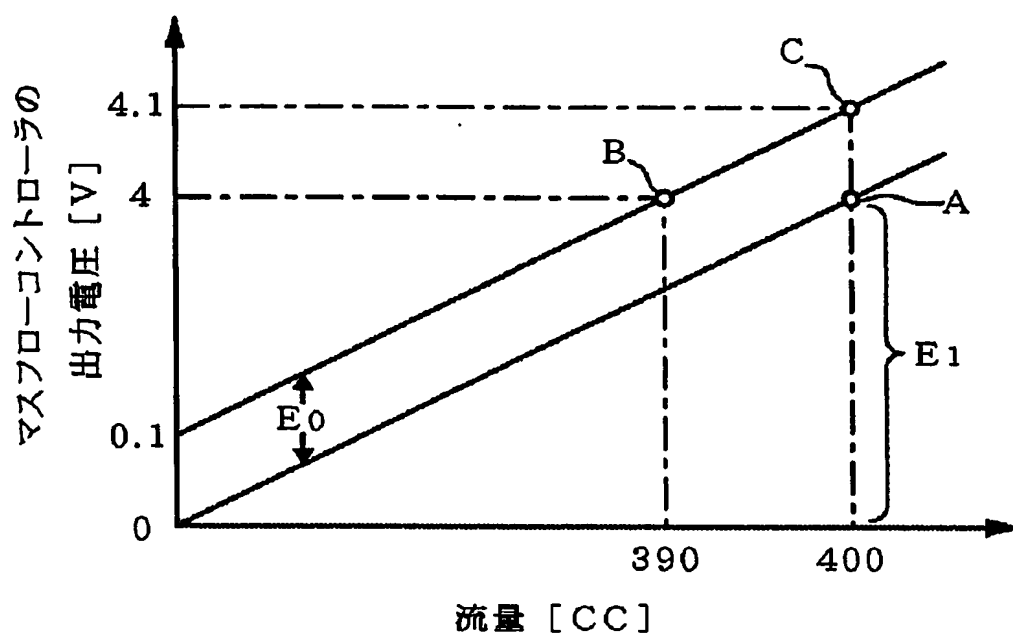
【図 3】



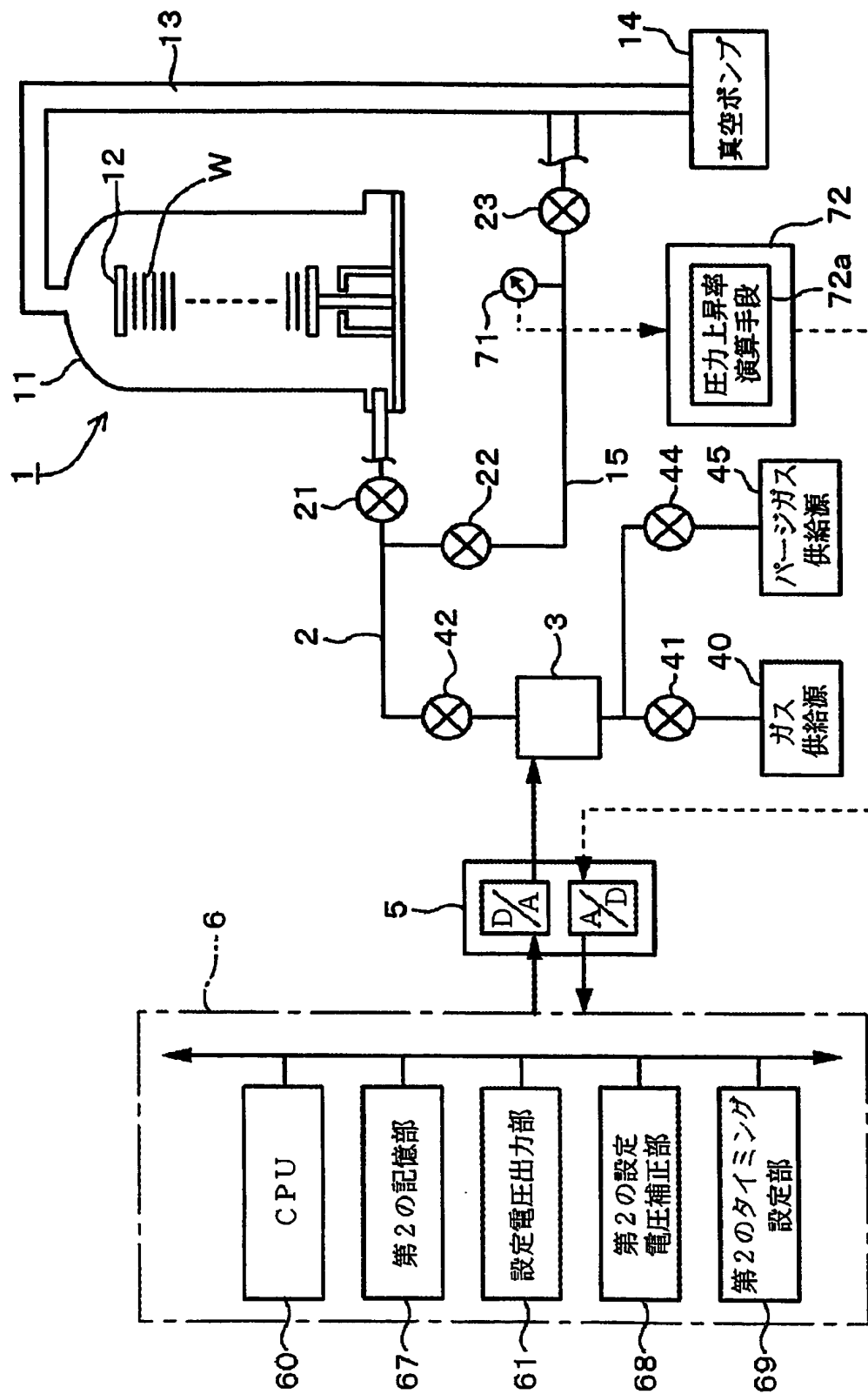
【図4】



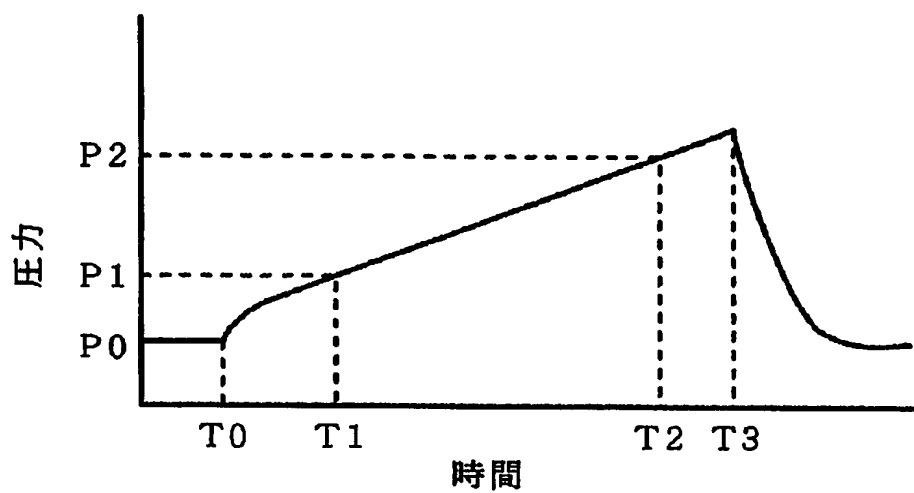
【図 5】



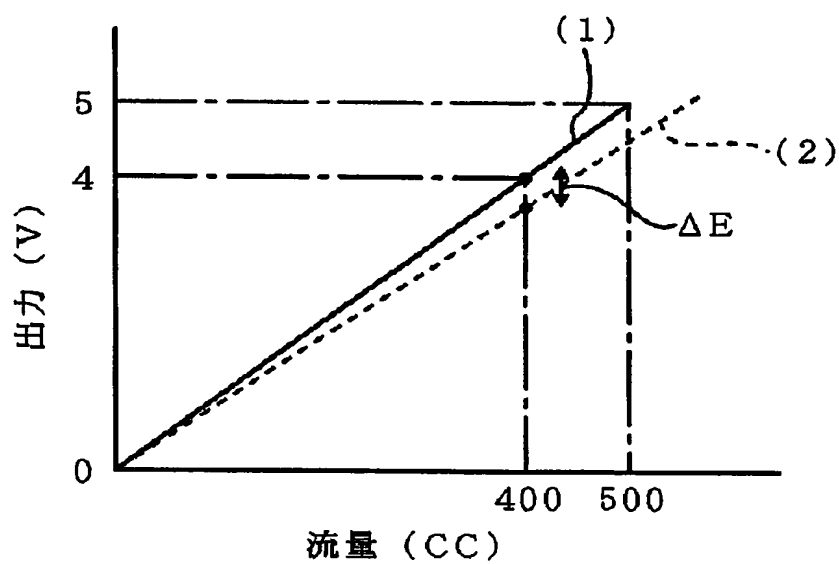
【図6】



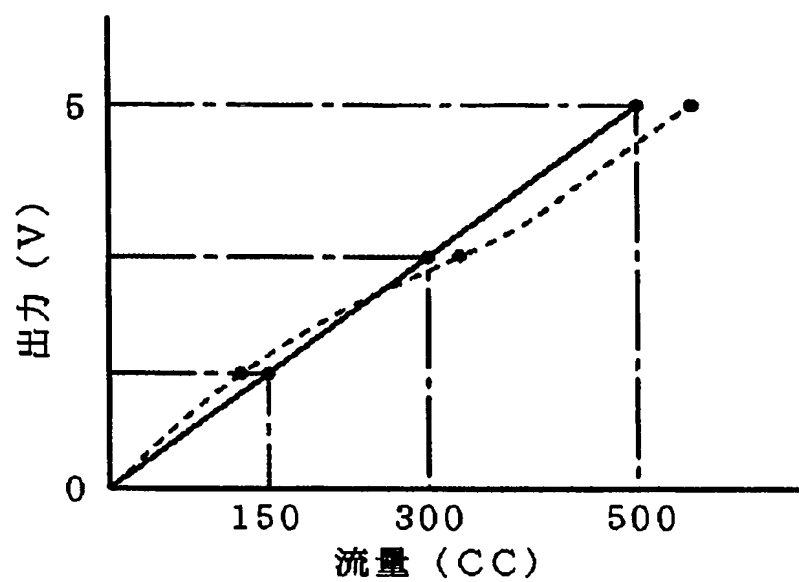
【図7】



【図8】



【図 9】



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** マスフローコントローラを製造ラインから取り外すことなく簡単に調整することが可能な半導体製造装置及び半導体製造方法を提供すること。

**【解決手段】** 流体が供給され基板に対して半導体集積回路を製造するための処理を行う処理部 1 と、この処理部に流体の流量を調整して供給するマスフローコントローラ 3 と、このマスフローコントローラの上流側及び下流側に遮断弁 4 1、4 2 と、設定された流量に対応する設定電圧を出力する設定電圧出力部と、これら遮断弁を閉じて流量が 0 となったときにマスフローコントローラから出力される出力電圧をドリフト電圧として記憶する記憶部と、この記憶部に記憶されたドリフト電圧により補正された設定電圧をマスフローコントローラに出力する設定電圧補正部と、を備える。

**【選択図】** 図 1

特願 2 0 0 3 - 1 9 7 9 3 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 2 1 9 9 6 7 ]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 4 月 2 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号

氏 名

東京エレクトロン株式会社